SPJ - Sint-Pieterscollege Jette
167, rue L. Theodor, 1090 Jette

ESERO – European Space Education Resources Office Belgium
22, av. de Bouchout, 1020 Bruxelles

IRM - Institut Royal de Météorologie
3, Avenue Circulaire, 1180 Uccle

ORB - Observatoire Royal de Belgique
3, Avenue Circulaire, 1180 Uccle

STCE – Solar-Terrestrial Center of Excellence
3, Avenue Circulaire, 1180 Uccle

Programme ASGARD

Documentation: Erik de Schrijver
Référence: ASGARD2-08-2011
Edition: 1.5
Révision: 6
Date: 12/06/2014
Statut: Définitif

Manuel d'utilisateur

HISTORIQUE DES REVISIONS

Statut: Provisoire (non encore approuvé)

Date	Statut	Révisions	Auteur
11/08/2011	Provisoire	Version originale	E. de Schrijver
19/10/2011	Provisoire	Date soumission	E. de Schrijver
4/11/2011	Définitif	Table 3	E. de Schrijver
16/06/2012	Définitif	Dates cruciales, livraison du matériel, avionique	E. de Schrijver
13/08/2012	Définitif	Orthographe	E. de Schrijver
16/07/2013	Définitif	Calendrier, interfaces	E. de Schrijver
12/06/2014	Définitif	Partenaires, recupération, calendrier, essais	E. de Schrijver

Table 1: Historique des révisions

ABBREVIATIONS

%:	Pourcent
A:	Ampère
Atm:	Atmosphère
OB:	Ordinateur de bord
PE:	Plateforme d'expériences
ESA:	Agence Spatiale Européenne
ESERO:	European Space Education Resource Office
g:	Gravité terrestre (9,81 m/s²)
MU:	Manuel de l'utilisateur
GMT	Greenwich Mean Time
H_2:	Hydrogène (à l'état gazeux)
He:	Hélium (à l'état gazeux)
IRM:	Institut Royal de Météorologie
LED	Light Emitting Diode
N:	Nord
PA:	Pas d'application
Pa:	Pascal
PPB	Payload Preparation Building
SPJ:	Sint-Pieterscollege Jette
SSC:	Swedish Space Corporation
AC:	A confirmer
AD:	A déterminer
TM:	Télémétrie
V:	Volt
CG:	Centre de gravité

Table 2: Abréviations

PREFACE

ASGARD

ASGARD est un projet spatial éducatif réalisé en coopération avec l'Institut Royal de Météorologie, ESERO-Belgium (l'antenne locale de l'Agence Spatiale Européenne, vouée au support d'initiatives éducatives en matières relatives au spatial) et du Sint-Pieterscollege de Jette. Le but du projet est de donner à des élèves d'écoles primaires et/ou secondaires l'occasion de concevoir et de réaliser des expériences scientifiques et/ou technologiques dans la haute stratosphère, c.à.d. au seuil de l'espace. L'altitude maximale atteinte par ces ballons est d'environs 33km. Un ballon par an est prévu, lancé dans la période mars-mai. La gondole Asgard a été conçue pour emporter des expériences éducatives de petite taille. Le projet est unique en son genre et offre à coût modeste (pour les organisateurs, pour les écoles la participation est gratuite) et sur un laps de temps limité un instrument flexible permettant de réaliser un projet pratique dans des conditions quasi-spatiales.

Les avantages de projets pratiques dans la formations des jeunes sont bien connus, et couvrent (entre particulier):

• passage de tous les stades d'un vrai projet scientifique et/ou technologique (depuis l'identification de la question de recherche jusqu'à la réalisation de l'expérience et le traitement des données obtenues)
• obtention d'expérience avec la réalisation de pareils projets dans des conditions réalistes, y compris faire face à l'imprévu
• acquisition d'une meilleure compréhension des paramètres physiques importants dans l'espace (et par extension à la surface terrestre)
• acquisition d'une meilleure compréhension de l'importance de contrôles et de tests dans le développement d'équipements nouveaux, tant au niveau matériel qu'au niveau des logiciels

NOUS REMERCIONS

M. Dirk Frimout, Président Euro Space Society et ex-astronaute
M. Roeland Van Malderen, IRM
M^{elle}. Ellen Geerts, ESERO Belgium
M. Erik de Schrijver, SPJ
M. Olle Persson, SSC
M. Mark Uitendaal, SSC

pour avoir contribué, de quelle façon que ce soit, à la réussite de ce projet.

TERMINOLOGIE ET DEFINITIONS

1. Proposition de projet

La première chose à faire pour participer au programme Asgard est de soumettre une proposition de projet. Le formulaire est disponible en Annexe 5. C'est sur base de ces documents que sera faitela sélection des expériences qui voleront sur la prochaine gondole Asgard. La sélection est faite par un jury sous la présidence de M. Dirk Frimout, premier astronaute Belge.

2. Description de l'expérience

L'équipement d'une expérience sélectionnée ne peut être montée dans la gondole que si les informations suivantes ont été fournies aux organisateurs:

• Proposition de projet (formulaire en Annexe 5);
• Plan définitif (à soumettre après la phase de développement et les tests);
• Aperçu des test effectués et de leurs résultats;
• Description du déroulement de l'expérience pendant le vol;

L'ensemble de ces documents doit être en possession des organisateurs au plus tard lors de la livraison des équipements, **c.à.d. 2 semaines avant le début de la campagne de lancement**.

3. La charge utile

La charge utile comprend le matériel et les logiciels qui seront emportés par le ballon pour effectuer certaines tâches p.ex. scientifiques et/ou technologiques. La charge utile est en général constituée de plusieurs expériences. Une expérience peut comprendre plusieurs sous-systèmes. Chaque composant, sous-système et expérience doit être conforme au prescriptions techniques et de sécurité des organisateurs.

4. Le 'client'

Le terme désigne la personne en charge d'une expérience sélectionnée (le 'team leader'). Cette personne délivre les équipements aux organisateurs deux semaines avant la campagne de lancement et fait office de contact pendant la durée du projet.

5. L'espace proche

L'espace proche désigne cette partie de la haute atmosphère qui peut être explorée avec des ballons météo ou stratosphériques. Il n'y pas de délimitation officielle, mais la région entre 25 et 50km d'altitude est généralement acceptée. Le nom fait référence aux paramètres physiques, qui affichent des valeurs plus proches des valeurs spatiales que des conditions au niveau de mer. Il est à noter que l'espace même est délimité par accord international (plus que par la nature). La FAI - Fédération Aéronautique Internationale - met de seuil à 100km.
Dans l'espace proche, la pression atmosphérique atteint à peine 1% de sa valeur au niveau de mer. Par conséquent, réchauffement et refroidissement sont régulés par des processus radiatifs et non par contact ou par convection. L'humidité de l'air est très proche de zéro et le spectre des radiations solaires arrive au quasi-complet. Hormis la gravité et la composition chimique du restant d'atmosphère, les conditions sont remarquablement semblables à celles sur Mars.

UNE CHANCE D'EN APPRENDRE DAVANTAGE SUR

• Les ballons stratosphériques: la force d'Archimède, les principes ballon (les ballons à surpression, les ballons à pression nulle, les MIR-Montgolfières à Infra-Rouge, ...), vitesse ascensionnelle, systèmes parachute, utilisation d'hélium et/ou hydrogène comme gaz porteur, etc.
• L'atmosphère de la Terre: sa température, la distribution de sa densité, sa pression et sa composition chimique, la 'loi universelle des gaz', l'humidité de l'air, la propagation du son, la pollution, etc.
• Les radiations: les rayons solaires (leur nature, intensité, propriétés spectrales), les rayons cosmiques, etc.
• La télédétection: l'albédo (réflectivité du globe), photographie, vidéo, etc. Les caméras à grande altitude peuvent photographier un terrain avec l'horizon à plusieurs centaines de kilomètres, rendant les ballons complémentaires aux avions (volant plus bas et ayant donc un champ de vue plus restreint bien que les prises de vues ayant une résolution supérieure) et aux satellites (volant plus haut et ayant donc un champs de vue plus grand mais une résolution inférieure).
• Les expériences spatiales en matière de biologie.
• Les systèmes d'atterrissage.
• Les expériences de localisations (soit à inertie, avec des accéléromètres, soit basé sur GPS).

L'accès au 'near-space' (c.à.d. la stratosphère au dessus de 25km d'altitude) est plus aisé, facile, et beaucoup moins cher que le lancement d'un satellite. C'est pourquoi les vols ballons sont utilisés souvent par les professionnels du spatial pour qualifier des sous-systèmes destinés à voler plus tard sur de vrais satellites ou sur des robots spatiaux.

DOCUMENTS UTILES (DU)

DU[1] National Scientific Balloon Facility recommandations for gondola design, NSBF, April 1986
DU2] http://weather.uwyo.edu/upperair/sounding.html
DU3] http://www.spherachutes.com/chart.html
DU4] http://www.irf.se
DU5] http://eiscat.irf.se
DU6] http://www.rymdbolaget.se
DU7] http://asgard-balloons.webs.com
DU8] http://www.planetarium.be/weerballon
DU9] http://www.parallax.com/tabid/567/Default.aspx

INFORMATION SUPPLEMENTAIRE

Ce document est révisé régulièrement, toute suggestion ou remarque sur toute partie de ce manuel est la bienvenue. Pour plus de détails, veuillez contacter:

eds@sint-pieterscollege.be

Ou consultez le site du projet:

http://asgard-balloons.webs.com
Erik de Schrijver
Sint-Pieterscollege Jette
167, rue L. Theodor
1090 Jette

LISTE D'ILLUSTRATIONS

Ill. 1:	Les partenaires du projet Asgard	10
Ill. 2:	L'anneau 'anti-torch'	12
Ill. 3:	Les phases de vol	13
Ill. 4:	Profil de vol	14
Ill. 5:	Vitesse ascensionnelle en fonction du temps	14
Ill. 6:	Vitesse de descente en fonction du temps	15
Ill. 7:	La gondole: vue intérieure et extérieure	18
Ill. 8:	Adaptateur gondole	18
Ill. 9:	Système de référence ASGARD	19
Ill. 10:	Dimensions de l'adaptateur gondole	19
Ill. 11:	Logos des écoles et des partenaires sur la gondole d' Asgard-1	20
Ill. 12:	Dimensions de la gondole	21
Ill. 13:	Gondole d' Asgard-1 avec recouvrement Mylar	21
Ill. 14:	Interface électrique	22
Ill. 15:	Le campus de l'IRM avec le site de lancement et le PPB	28
Ill. 16:	PPB- Payload Preparation Building	29
Ill. 17:	La gondole d' Asgard-1	31
Ill. 18:	L'Adaptateur gondole	32
Ill. 19:	Pression atmosphérique en fonction de l'altitude	33
Ill. 20:	Température à l'extérieur de la gondole	33
Ill. 21:	Comparaison intérieur/extérieur de la gondole	33
Ill. 22:	Vitesse horizontale en fonction de l'altitude	34
Ill. 23:	Humidité de l'air dans la gondole et à l'extérieur	34
Ill. 24:	Vitesse ascensionnelle en fonction de l'altitude	35
Ill. 25:	Vitesse de descente en fonction de l'altitude	35
Ill. 26:	Gravité terrestre en fonction de l'altitude	35

LISTE DE TABLES

Table 1:	Historique des révisions	2
Table 2:	Abréviations	2
Table 3:	Le système Asgard et ses caractéristiques	11
Table 4:	Caractéristiques de la source de courant pour les expériences	22
Table 5:	Le calendrier	26
Table 6:	Déroulement de la campagne de lancement	27
Table 7:	Déroulement du lancement	27
Table 8:	Localisation du site de lancement	29

ANNEXES

Annexe 1 31
Annexe 2 32
Annexe 3 33
Annexe 4 35

TABLES DES MATIERES

1. INTRODUCTION..... 9
1.1 BUT DU MANUEL..... 9
1.2 LE LANCEMENT..... 9
1.3 SERVICES FOURNIS AU LANCEMENT..... 9
2. DESCRIPTION DES SYSTEMES..... 11
2.1 LE SYSTEME BALLON..... 11
2.2 LE BALLON..... 11
2.3 A L'ALTITUDE MAXIMALE..... 11
2.4 LE SYSTEME PARACHUTE..... 11
3. PERFORMANCES ET DEROULEMENT DU VOL..... 13
3.1 INTRODUCTION..... 13
3.2 LE VOL EN CHIFFRES..... 13
3.3 PROFIL DE VOL TYPIQUE..... 13
3.4 FENÊTRE DE LANCEMENT ET FREQUENCE DES VOLS..... 15
3.5 RECUPERATION DE LA GONDOLE..... 15
4. LES CONDITIONS DE VOL..... 16
4.1 EN GENERAL..... 16
4.2 FACTEURS MECHANIQUES..... 16
4.2.1 Contraintes pour la conception d'expériences..... 16
4.2.2 Les secousses..... 16
4.2.3 La pression dans la gondole..... 16
4.3 FACTEURS THERMIQUES..... 16
4.4 PROPRETE ET CONTAMINATIONS..... 17
4.5 FACTEURS ELECTROMAGNETIQUES..... 17
5. LA GONDOLE ET LES INTERFACES DE LA CHARGE UTILE..... 18
5.1 INTRODUCTION..... 18
5.2 SYSTEME DE COORDONNEES..... 19
5.3 LA GONDOLE..... 19
5.3.1 Le volume de la charge utile..... 19
5.3.2 Accès à la charge utile..... 20
5.3.3 Logos, stickers, etc. 20
5.4 INTERFACE MECHANIQUE..... 21
5.4.1 Description de la gondole..... 21
5.4.2 Descriptions des compartiments pour expériences..... 22
5.5 INTERFACE ELECTRIQUE ET RADIO-ELECTRIQUE..... 22
5.5.1 Fonctions électriques..... 22
6. CONCEPTION D'UNE EXPERIENCE ET CONTROLES REQUIS..... 24
6.1 INTRODUCTION..... 24
6.2 CONTROLE DE LA QUALITE..... 24
6.3 CONTROLES DES INTERFACES..... 25
6.3.1 Avant la campagne de lancement..... 25
6.4 ECHANGE DE DONNEES..... 25
6.5 PROGRAMME DE QUALIFICATION..... 25
6.5.1 Philosophie de la conception..... 25
6.5.2 Philosophie des tests et mesures..... 25
6.6 LE CALENDRIER..... 26
6.7 LIVRAISON DES EXPERIENCES ET ACCEPTATION..... 26
7. LA CAMPAGNE DE LANCEMENT..... 27

8. LE SITE DE LANCEMENT..... 28
8.1 UCCLE..... 28
8.1.1 Introduction..... 28
8.1.2 Préparation de la charge utile..... 28
8.1.3 Localisation géographique du site de lancement..... 29
8.1.4 La campagne de lancement..... 29
8.1.5 Déroulement des opérations de vol..... 30

1. INTRODUCTION

Ce manuel de l'utilisateur (MU) décrit l'environnement de l'espace proche et les aspects techniques du programme Asgard. Les clients ont intérêt à tenir compte de ces informations lors de la conception et du développement de leur projet. Ce manuel décrit également les contraintes imposées aux équipements qui doivent être respectées dans leur intégralité pour permettre une qualification de vol.

1.1 BUT DU MANUEL

Ce manuel est divisé en chapitres:

- **Chapitre 1**: Introduction
  Information générale sur le programme Asgard et son organisation;
- **Chapitre 2**: Description des systèmes
  Description du ballon, de la gondole et d'autres sous-systèmes;
- **Chapitre 3**: Déroulement et performances du vol
  Déroulement des différentes phases de vol;
- **Chapitre 4**: Les conditions de vol
  La physique de l'espace proche et les contraintes de conception et de qualification qui en déroulent;
- **Chapitre 5**: La gondole et les interfaces de la charge utile
  description des interfaces entre la gondole et les expériences;
- **Chapitre 6**: Conception d'une expérience et contrôles requis
  Tests de qualification de vol et gestion du calendrier;
- **Chapitre 7**: La campagne de lancement
- **Chapitre 8**: Le site de lancement
  Préparation de la charge utile et opérations au sol;
- **Annexe 1** possibilités pour expériences extérieures
- **Annexe 2** description détaillée de l'adaptateur de charge utile avec dessins techniques et description de la configuration interne;
- **Annexe 3** données de température et de pression dans la gondole et à l'extérieur enregistré pendant le vol inaugural;
- **Annexe 4** autres données théoriques ou enregistré lors d'autres vols ballons;
- **Annexe 5** formulaire 'proposition de projet';

Cette information devrait permettre aux intéressés de vérifier si la réponse à leur question de recherche peut être obtenue par le biais d'un vol ballon.

1.2 LE LANCEMENT

La préparation et le lancement du ballon Asgard est effectué par l'équipe de l'IRM qui exécute les sondages météo courants. Le site de lancement est traité dans le chapitre 8.

1.3 SERVICES FOURNIS AU LANCEMENT

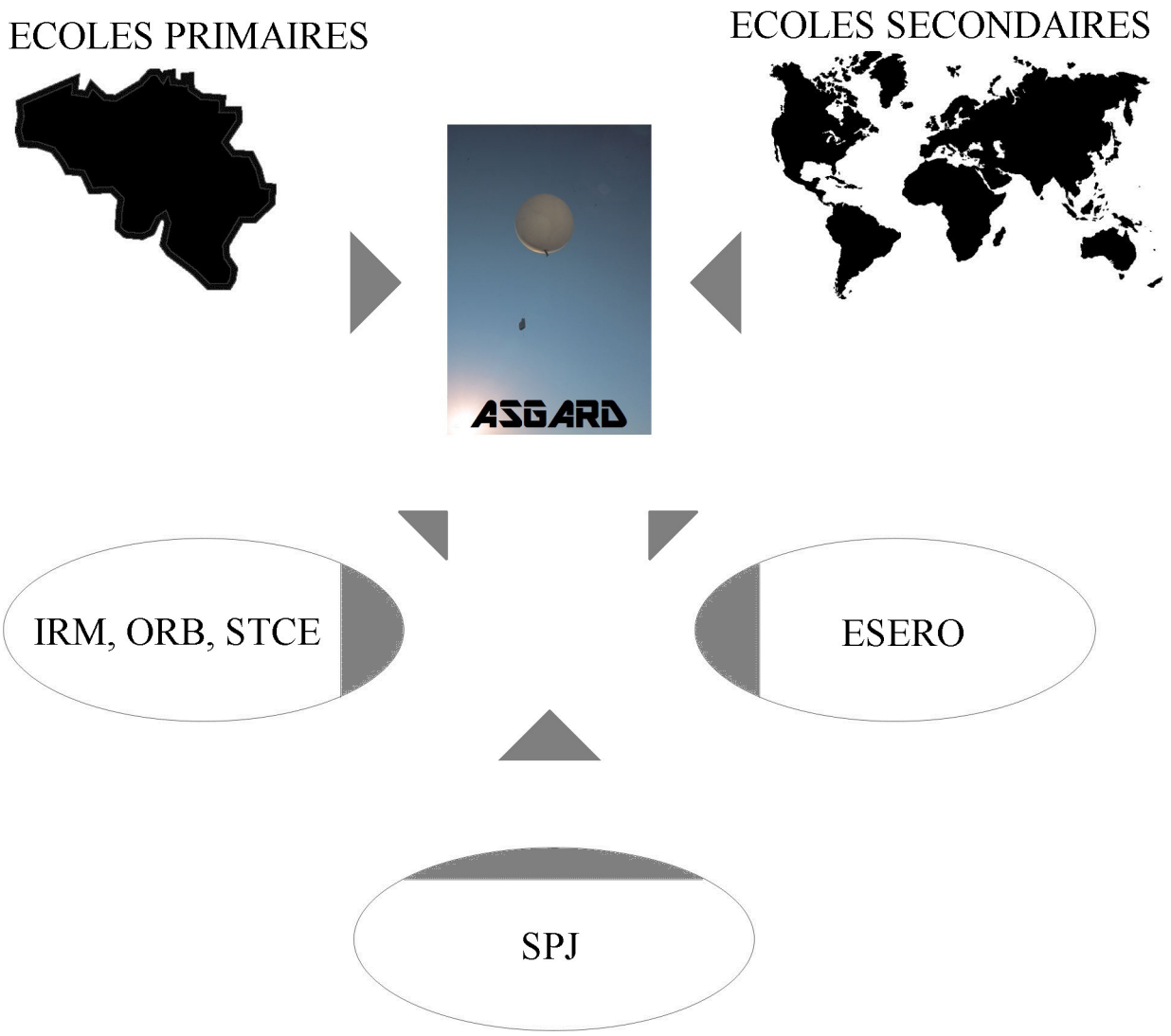
L'intégration de la charge utile - c.à.d. l'assemblage des différentes expériences et leur montage dans l'adaptateur de charge utile - est la responsabilité de l'équipe du Sint-Pieterscollege de Jette.

Chaque client veillera à

- fournir à temps les données techniques demandées;
- exécuter à temps les tests nécessaires et à rapporter sur leurs résultats;
- délivrer à temps le matériel appelé à voler;

ceci afin de permettre une intégration sans accros.

A défaut de respecter ces règles, le client s'expose à voir son expérience refusée.



Ill. 1: Les partenaires du projet Asgard

2. DESCRIPTION DES SYSTEMES

2.1 LE SYSTEME BALLON

Un système ballon comprend bien plus que le ballon:

- Une gondole contenant les expériences mais aussi les batteries et autres systèmes vitaux:
  - la plateforme des Avioniques (avec e.a. l'ordinateur de bord et les batteries);
  - une ou plusieurs plateformes d'expériences;
- Le système parachute;
- Une radiosonde;
- Le ballon;

La configuration Asgard en chiffres se trouve dans la Table 3.

BALLON	
Volume au départ	4,5 m³
Gaz	H_2
Masse ballon à vide	1,5 kg
Pression au départ	1atm
Matériel ballon	Latex
PARACHUTE	
Mécanisme de séparation	aucun
Pression à explosion ballon	7 à10hPa
Surface du parachute	~0,7 m²
Masse du parachute	0,140 kg
Tension verticale	+1/-2.5 g
Tension horizontale	+/-0.5 g
GONDOLE	
Masse de la gondole à vide	0,2 kg (exclu Mylar)
Masse maximale de la gondole	1,5kg
Puissance disponible:	4W à 6V(*)
Forme	Prisme hexagonal (dim. voir Annexes 1&2)
Structure	30 mm Polystyrène
Isolation thermique	Polystyrène et Mylar

Table 3: Le système Asgard et ses caractéristiques

(*) Il est permis d'inclure des batteries dans un expérience, par exemple si celle-ci requiert une tension ou un courant supérieur.

2.2 LE BALLON

Les ballons utilisés sont fabriqués par TOTEX, http://www.totex.jp.

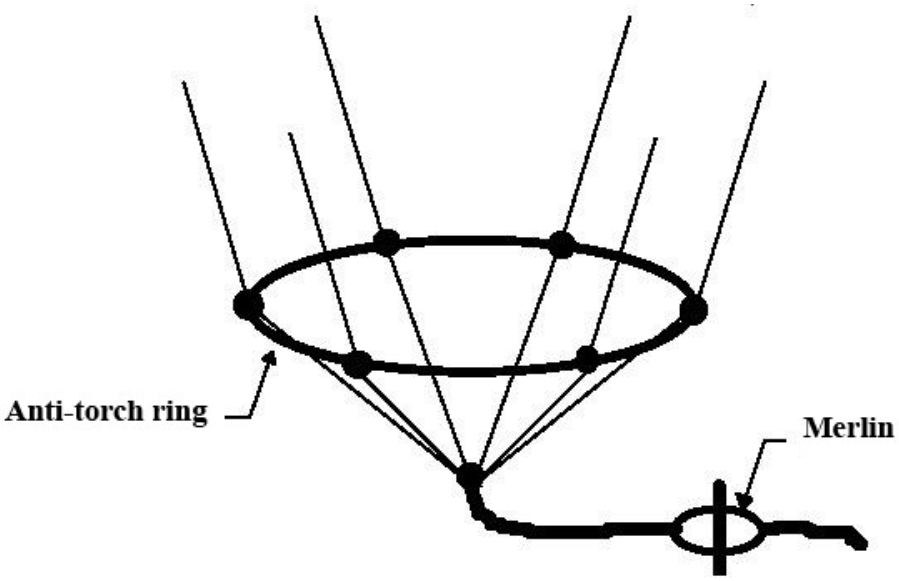
2.3 A L'ALTITUDE MAXIMALE

Au fur et à mesure que le ballon monte la pression extérieure décroît et le gaz à l'intérieur se détend gonflant le ballon de plus en plus. A une certaine altitude (correspondant à une pression entre 7 et 10hPa) le ballon explose et la gondole retombe vers la Terre. Le parachute, suspendu entre le ballon et la gondole, se remplit d'air de moins en moins raréfié à mesure que l'altitude décroît, freinant la chute jusqu'à une vitesse de 12 à 14 m/s environ. Plus d'informations sur les parachutes pour ballons se trouvent dans DU[1].

2.4 LE SYSTEME PARACHUTE

Le système parachute est fourni par l'IRM. Le parachute est rouge pour une meilleure visibilité. Il s'agit d'un cercle de plastic capable de résister aux tensions prévues et de ramener au sol une gondole d'environs 1,5kg à une vitesse d'environs 14m/s.

Le parachute se trouve dans la chaine de vol, qui comprend en autre la gondole (élément inférieur de la chaine) et le ballon (élément supérieur). Le parachute, se trouvant entre la gondole et le ballon, est fixé à un anneau appelé 'anti-torch ring' dont le but est de prévenir que les fils du parachute ne se trouve emmêlés au déploiement. En effet, déployer un parachute dans l'air très raréfié de la haute atmosphère n'est pas comparable à la même manœuvre effectuée à basse altitude.



Ill. 2: L'anneau 'anti-torch'

L'anneau 'anti-torch' a un diamètre de 20cm (AC) et est attaché au moyen de 6 fils au parachute et à la gondole.

3. PERFORMANCES ET DEROULEMENT DU VOL

3.1 INTRODUCTION

Ce Chapitre contient les informations permettant de déterminer si un ballon est une plateforme de vol adéquate pour l'expérience envisagée.

3.2 LE VOL EN CHIFFRES

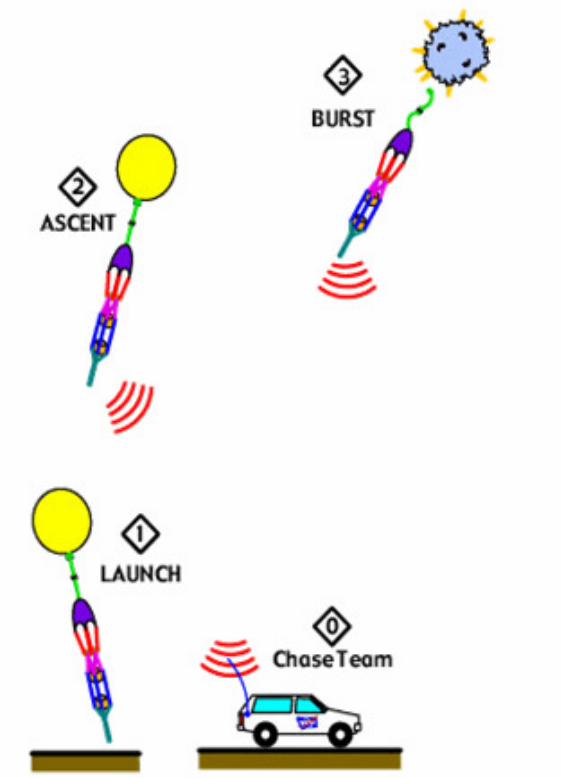
La gondole retourne sur Terre après l'explosion du ballon, qui a lieu entre 28 et 35km d'altitude, environs 75 à 90 minutes après le décollage. La vitesse ascensionnelle avoisine les 7m/s. La gondole pèse au total 1,5kg. Le poids maximal par expérience est fixée à 150g.

La descente se fait à une vitesse double de la montée, portant la durée du vol entier à 100 - 150 minutes. Si le vent souffle à 60 km/h, le déplacement latéral peut facilement dépasser les 150km, ce qui fait de la récupération de la gondole une opération qui peut durer plusieurs heures. Les clients qui développent une expérience nécessitant une inspection ou une analyse immédiatement après le vol sont priés d'en tenir compte, et de joindre l'équipe de récupération.

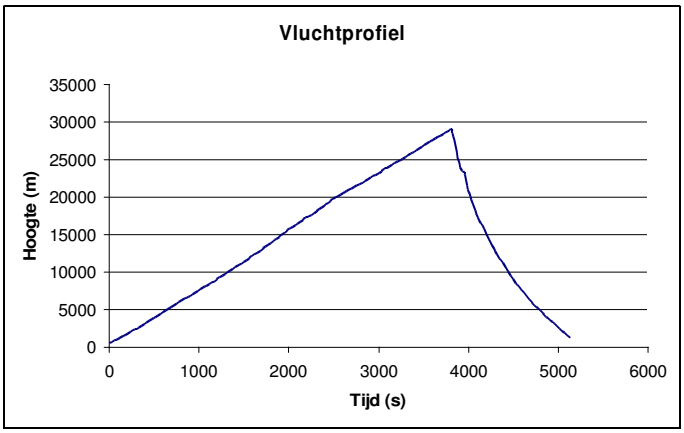
3.3 PROFIL DE VOL TYPIQUE

Le vol Asgard comprend 3 phases:

- Phase I: Ascension;
- Phase II: Descente;
- Phase III: Récupération de la gondole;



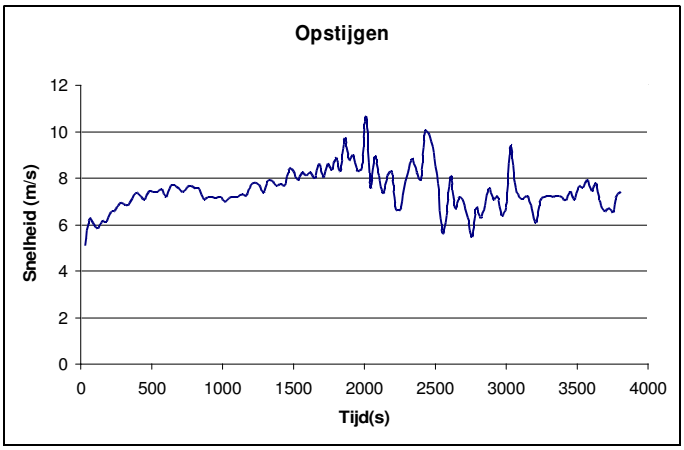
Ill. 3: Les phases de vol



Ill. 4: Profil de vol

Phase I: L'Ascension

L'ascension est la phase de vol entre le décollage et l'explosion du ballon. Sa durée dépend de la masse de la gondole, la quantité de gaz dans le ballon et les conditions atmosphériques. A une altitude entre 11 et 25km la température atteint sa valeur minimale aux alentours de -60°C. Un condensat éventuel se sublimera normalement avant que l'altitude de 25km ne soit atteinte. L'ascension dure en moyenne 75 à 90 minutes. Une vitesse ascensionnelle de 7m/s en suit. Les organisateurs enregistrent temps et altitude et mettront ces données à la disposition des clients. Le positionnement de la gondole en 3D (altitude, latitude et longitude) et un point de travail pour les organisateurs. La gondole ne peut être orientée dans le plan horizontal. Les expériences nécessitant une orientation déterminée doivent être montées sur une plateforme orientable.



Ill. 5: Vitesse ascensionnelle en fonction du temps

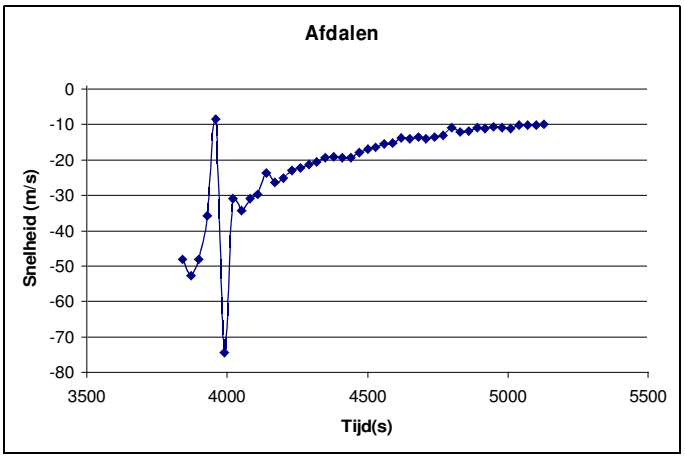
Phase II: La descente

La descente peut être subdivisée en 2 phases:

- De l'explosion du ballon à l'ouverture du parachute
- De l'ouverture du parachute jusqu'à l'atterrissage

La durée de chaque phase de vol varie d'un vol à l'autre. La quantité de gaz, la masse de la gondole ainsi que les conditions atmosphériques y jouent un rôle important. Pendant la descente, la gondole rencontre exactement les mêmes conditions que lors de l'ascension. Néanmoins, les parties extérieures de la gondole peuvent souffrir du gel voir de corrosion. L'humidité ne forme en ligne générale de problème qu'en dessous de 15km, le taux d'humidité étant sensiblement égal à zéro au-

dessus de cette altitude. Les clients équiperont les expériences sensibles à l'humidité, à la condensation ou au gel de contre-mesures appropriées. Les expériences à l'intérieur de la gondole ne sont en ligne générale pas sujettes à ce genre de problème, les variations de températures étant beaucoup moins importantes (voir Annexe 3).



Ill. 6: Vitesse de descente en fonction du temps

Phase III: Récupération de la gondole

La récupération d'une gondole n'est pas toujours aisée. L'équipe chargée de cette tâche doit souvent négocier avec des propriétaires pour avoir la permission d'accéder un terrain privé, ou pour atteindre un terrain difficile à atteindre. Cela peut causer des heures, voir des jours de retard. Les organisateurs font ce qu'ils peuvent pour assurer une récupération rapide, des délais sont toujours possible. Les atterrissages peuvent arriver dans des prés, des champs, étangs, marais, jardins privés ou forêts. Dans ce dernier cas, il se peut qu'une gondole se retrouve coincée dans un arbre. Comme il n'y a aucun moyen d'influencer le lieu d'atterrissage, on ne peut qu'espérer le mieux et craindre le pire.

De plus amples informations se trouvent sous 3.5.

3.4 FENÊTRE DE LANCEMENT ET FREQUENCE DES VOLS

En principe, un ballon Asgard peut être lancé 24/24 et 7/7, indépendamment du temps (sauf en cas de violente tempête). En pratique, seuls le mardi et le jeudi sont retenus comme option, parce que sur 5 jours ouvrables, ces deux-là sont les seuls où l'IRM n'effectue pas de sondage, ce qui fait que l'équipe de lancements a les mains plus libres.

3.5 RECUPERATION DE LA GONDOLE

Afin de faciliter la récupération de la gondole, un module gps est emporté à bord. Un sms envoyé au module après l'atterissage cause celui-ci de renvoyer ses coördonnées, qui peuvent ensuite être importées dans google maps sur un smartphone. L'équipe de récupération connaît ainsi la position de la gondole avec un précision d'une dizaine de mètres. En plus, la radiosonde de l'IRM renvoie pendant la phase ascensionnelle des données concernant la vitesse et la direction du vent, ce qui permet à l'équipe de récupération de prendre la route bien avant que la gondole n'amorce sa descente. Cela permet d'économiser quelques heures, surtout s'il y beaucoup de vent.

4. LES CONDITIONS DE VOL

Il est à conseiller de maintenir une marge de 10% sur les spécifications des composantes et sous-systèmes. Si cela s'avère impossible, il est conseillé d'effectuer des tests pour vérifier le bon fonctionnement de l'expérience avant la remise des équipements aux organisateurs.

4.1 EN GENERAL

L'environnement auquel la gondole sera exposée pendant l'intégration des expériences, pendant la préparation du vol et pendant le vol est très différent. Cela porte aussi bien sur les aspects mécaniques et thermiques qu'électromagnétiques. Les extrêmes sont traités dans ce chapitre.

4.2 FACTEURS MECANIQUES

Un vol ballon est une ballade comparé à un vol de fusée: absence d'accélérations intenses, de vibrations et de bruit. Le choc le plus violent est l'atterrissage et il est à conseiller de construire l'expérience de telle façon qu'elle puisse résister à une accélération de 9g en direction verticale et de 6g a l'horizontale.

4.2.1 Contraintes pour la conception d'expériences

Vu l'absence en vol de chocs et de vibrations (les coups de vent ne sont évidemment pas à exclure), aucune précaution spéciale ne doit être prise en vue d'assurer la solidité mécanique de l'expérience. Secouer manuellement devrait suffire comme test.

4.2.2 Les secousses

Le parachute étant suspendu 'ouvert' dans la chaine de vol, son remplissage d'air se déroule graduellement. Comme la densité de l'air augmentera progressivement pendant la descente, le freinage lui aussi se fera graduellement et sans chocs, hormis lors de l'atterrissage.

4.2.3 La pression dans la gondole

La gondole n'est pas étanche. Par conséquent, la pression atmosphérique dans la gondole est exactement égale à sa valeur extérieure. Plus d'informations sur la pression en fonction de l'altitude se trouve en Annexe 3.

4.3 FACTEURS THERMIQUES

Les organisateurs ne prennent pas de mesures pour influencer la température à l'intérieur de la gondole, hormis sa couche d'isolation en Mylar. Avant le vol, les expériences seront donc soumises aux températures ambiantes courantes en Belgique cette période de l'année (Mars/Mai). Quelque réchauffement intérieur avant le vol est normal vu que la chaleur produite par les expériences ne peut être évacuée effectivement. Il en va de même pour la période suivant l'atterrissage. Les températures à l'intérieur et à l'extérieur de la gondole sont traitées en Annexe 3.

4.4 PROPRETE ET CONTAMINATIONS

L'intégration de la charge utile ne se fait en 'clean room' comme celle des satellites. Les valeurs normales de température, humidité et composition atmosphériques seront d'application.

Une expérience ne pourra en aucun cas libérer des substances, ni dans la gondole ni dans l'atmosphère, sans accord préalable des organisateurs. Ceci s'applique tout autant pour les substances considérées inoffensives, qu'elles soient solides, liquides ou gazeuses. L'emploi de produits corrosifs, inflammables, explosifs ou toxiques est strictement prohibé! En cas de doute, un MSDS (Materials Safety Data Sheet) valable sera fourni aux organisateurs. L'emploi de gaz sous pression est déconseillé.

4.5 FACTEURS ELECTROMAGNETIQUES

Le seul canal radio reliant le ballon au sol est la radiosonde de l'IRM qui émet sur la fréquence réservée à la météorologie. Cette fréquence est donc réservée et ne peut être 'envahie' par les clients. Par conséquent, il est impossible de transmettre au sol les données recueillies pendant le vol. Il est donc impératif de les stocker à bord, faisant usage par exemple d'EEPROM, de carte micro-SD ou autre. Les organisateurs s'efforceront de développer, pour les vols futurs, la capacité de transmettre au sol des données élémentaires, tels que la position, les conditions physiques à bord de la gondole, et autres. cependant, cette capacité ne sera pas disponible pour le vol Asgard-5.

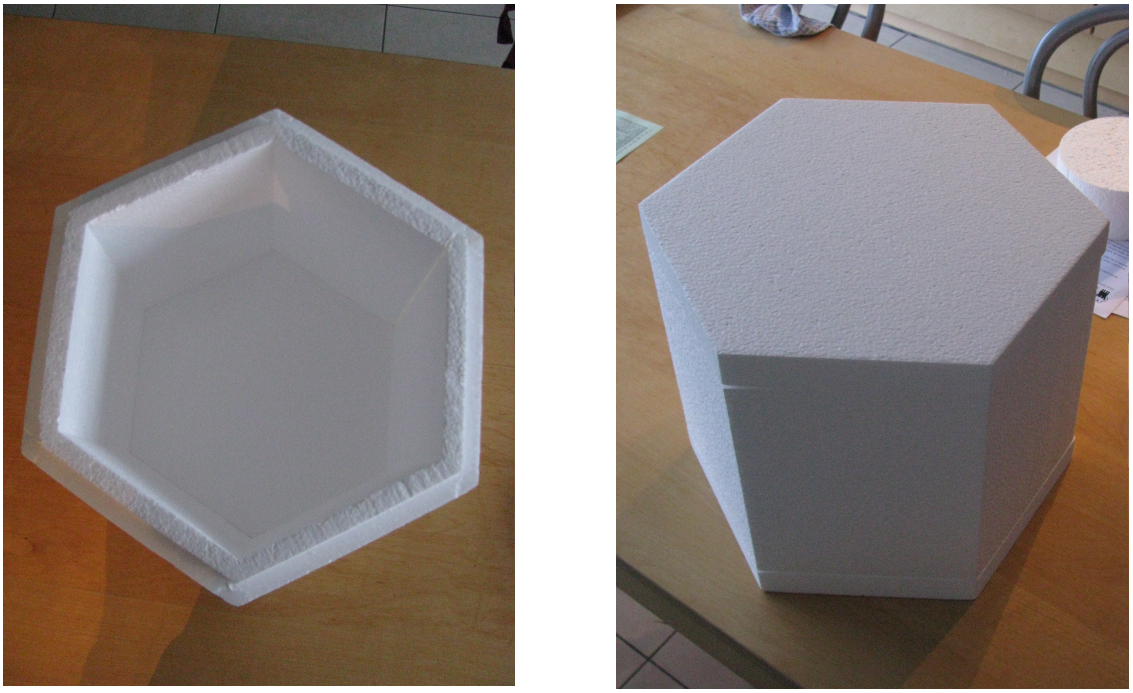
Les expériences à bord produisant de hauts champs électriques ou magnétiques pourraient interférer avec d'autres expériences. Il est donc nécessaire d'indentifier de pareils champs et de les mentionner dans la documentation. Si besoin est, les organisateurs peuvent exiger que ces champs (ou hautes tensions) soient proprement isolées afin de ne pas nuire aux autres expériences.

5. LA GONDOLE ET LES INTERFACES DE LA CHARGE UTILE

Les fonctions de l'ordinateur de bord ne sont pas traitées dans ce manuel. L'interface entre les expériences et les batteries est traitée, ainsi que la structure de l'adaptateur charge utile et la configuration des plateformes expériences.

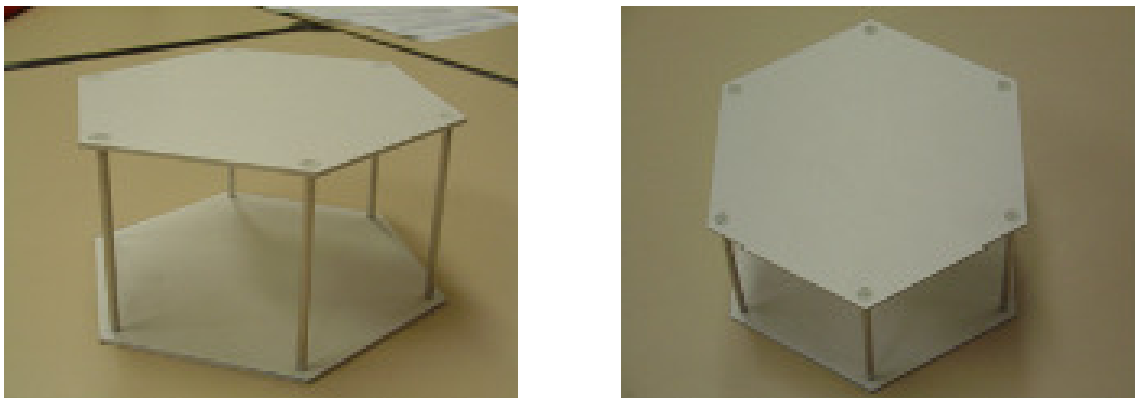
5.1 INTRODUCTION

Ce paragraphe traite la forme et les dimensions de la gondole ainsi que les interfaces avec lesquelles les expériences sont intégrées dans la charge utile dans sa totalité.



Ill. 7: La gondole: vue intérieure et extérieure

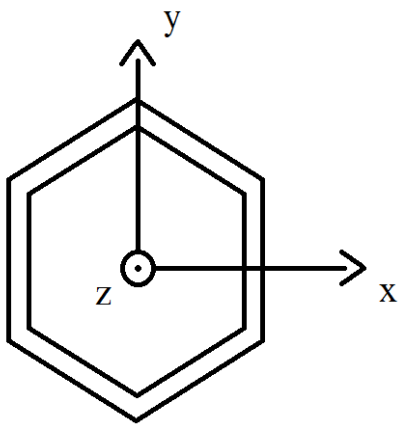
La charge utile est insérée dans la gondole par le biais d'un adaptateur fait sur mesure. Celui-ci permet l'accès au différentes expériences jusqu'à la dernière minute avant le scellage de la gondole: derniers ajustements, vérifications,... Cet adaptateur, en plus de fournir une fixation porte aussi la connection au système de batteries.



Ill. 8: Adaptateur gondole
(Le nombre de plateformes - ici, 2 - et leurs espacements est fonction des exigences du vol et notamment des dimensions des expériences.)

5.2 SYSTEME DE COORDONNEES

Afin de faciliter la communication entre les clients et les organisateurs un système de références unique est utilisé:

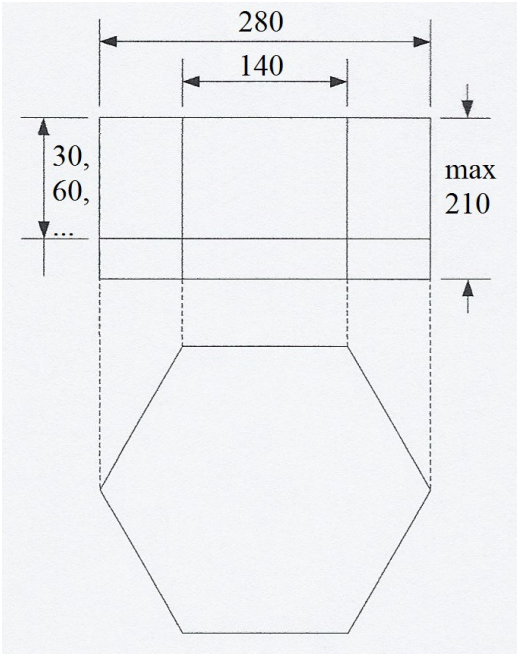


Ill. 9: Système de référence ASGARD

5.3 LA GONDOLE

5.3.1 Le volume de la charge utile

La distinction est faite entre les expériences internes et les expériences externes. Une expérience interne se déroule totalement à l'intérieur de la gondole. Une expérience externe se déroule au moins en partie à l'extérieur. Il peut s'agir d'une expérience passive en biologie ou le but est tout simplement d'exposer certains échantillons aux conditions du 'near-space', mais il peut également s'agir d'un senseur qui se trouve à l'extérieur alors que la collecte et le stockage des données est faite à l'intérieur de la gondole.



Ill. 10: Dimensions de l'adaptateur gondole (en mm)

Par 'volume de la charge utile' on entend le volume disponible dans l'adaptateur gondole. Il s'agit par conséquent uniquement d'expériences internes ou d'éventuelles parties internes d'expériences externes. Pour les expériences montées dans l'adaptateur gondole, il est à noter qu'il ne sera permis en aucun cas qu'une expérience ne dépasse - ne serait-ce que de partiellement ou de peu! - les limites de l'adaptateur. Les dimensions maximales de celui-ci se trouvent sur l'illustration 10. La hauteur des compartiments (Ill. 8) peut être variée pour accommoder les expériences sélectionnées pour le vol concerné.

5.3.2 Accès à la charge utile

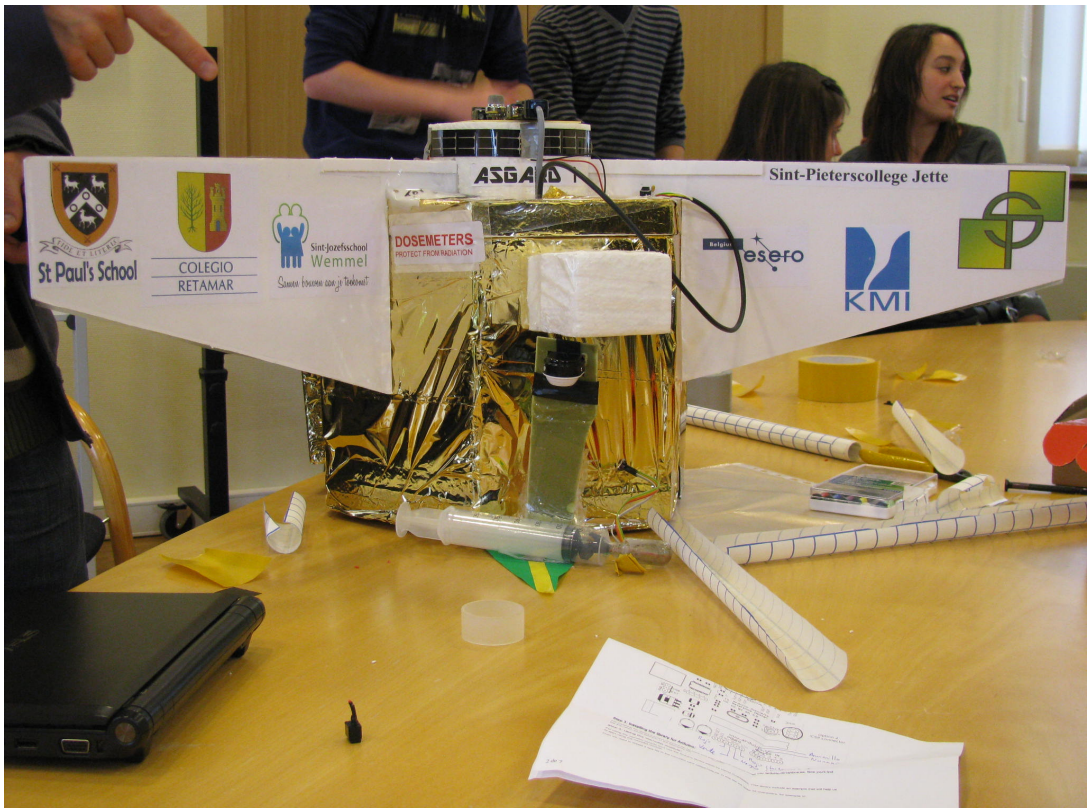
L'intégration des expériences et leur montage dans l'adaptateur gondole est faite par l'équipe du SPJ deux jours avant le lancement. Cette intégration se termine par un test de 'démarrage' lors duquel l'alimentation est branchée. Le fonctionnement de chaque expérience est alors vérifié par le client concerné, et d'éventuels problèmes sont traités en accord avec l'équipe du SPJ. Si besoin est, ce travail peut être poursuivi le lendemain.

L'intégration se termine le jour AVANT le vol!

La gondole n'est pas équipée de fenêtres, bien que les organisateurs envisagent d'en prévoir sur les vols futurs.

5.3.3 Logos, stickers, etc.

Les écoles peuvent apporter logos et insignes conçus dans le cadre du projet afin de les placer soit sur la gondole, soit sur les ailerons destinés à ralentir une éventuelle rotation de la gondole. Les dimensions maximales sont de 10x10cm. A livrer en même temps que l'expérience!

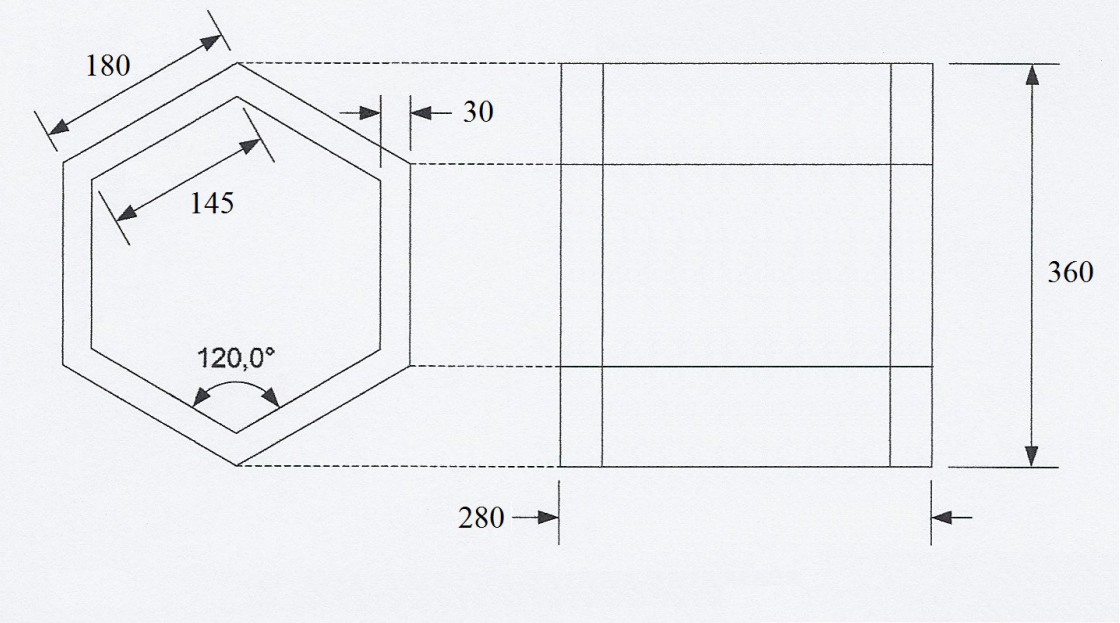


Ill. 11: Logos des écoles et des partenaires sur la gondole d' Asgard-1

5.4 INTERFACE MECHANIQUE

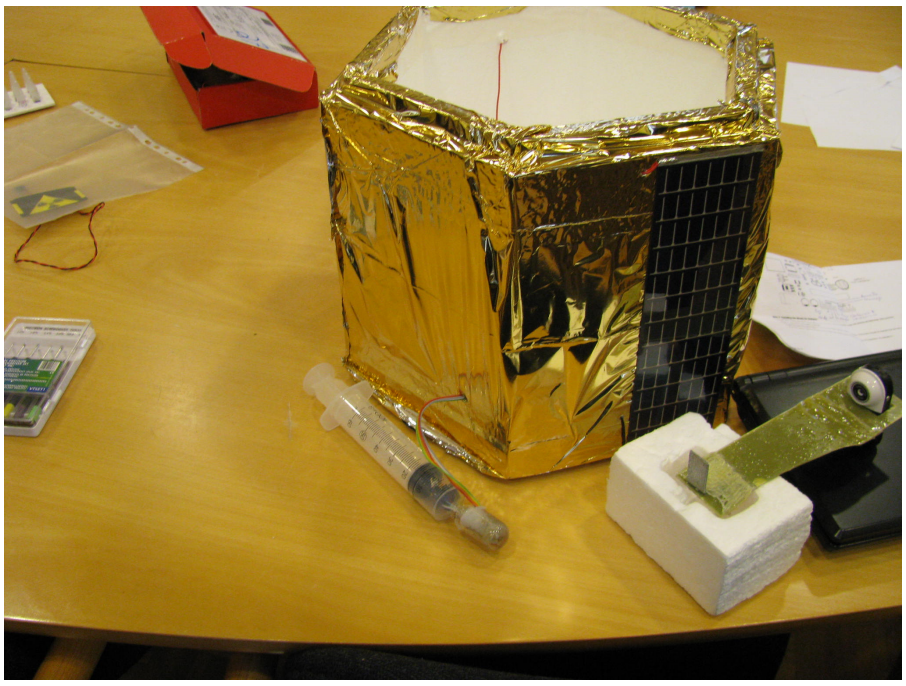
5.4.1. Description de la gondole

La gondole Asgard a la forme d'un prisme à base hexagonale (voir Ill. 7). Cette forme combine les avantages de surfaces plates (pratique pour fixer des expériences externes tels que senseurs, échantillons biologiques, etc.) avec un grand volume interne.



Ill. 12: Dimensions de la gondole (en mm)

La gondole est faite de panneaux en polystyrène de 30 mm d'épaisseur, garantissant une bonne isolation thermique contre le froid stratosphérique pour un faible poids (200 grammes). L'isolation est encore améliorée par le recouvrement de la gondola par une couche de Mylar (vendue comme couverture thermique).



Ill. 13: Gondole d' Asgard-1 avec recouvrement Mylar

5.4.2 Descriptions des compartiments pour expériences

L'adaptateur charge utile peut consister en un seul ou en plusieurs compartiments, selon le nombre et la taille des expériences sélectionnées. Il y a toujours au minimum un compartiment. La hauteur des compartiments peut varier entre 30 et 210 mm (hauteur totale maximale).

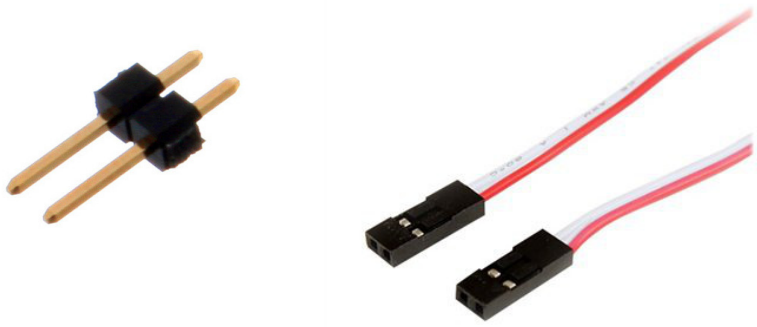
S'il y a plusieurs compartiments, celui du dessous porte l'ordinateur de bord et les batteries, les autres plateformes étant destinées aux expériences. La plateforme supérieure porte les expériences étant connectées à des sous-systèmes extérieurs. Ceci permet de vérifier ces connections avant de sceller la gondole.

Les expériences seront montées dans l'adaptateur charge utile tenant compte de 2 facteurs:
• l'adaptateur charge utile glissera sans accros dans la gondole
• les expériences seront facilement accessibles avant que l'adaptateur ne soit glissé dans la gondole.

5.5 INTERFACE ELECTRIQUE ET RADIO-ELECTRIQUE

La Loi Belge ne permet pas aux radioamateurs de faire usage de stations émetteurs sans présence humaine. Par conséquent, il est impossible de transmettre au sol les données recueillies pendant le vol. Par conséquent, aucun système ou sous-système ne pourra émettre des ondes radios!

Les expériences qui ne comprennent pas leurs propres batteries auront 6V à leur disposition sur la plateforme expériences. L'adaptateur est un connecteur 2 pins (voir Ill. 14). Le cable aura une longueur de 50cm.



Ill. 14: Interface électrique

5.5.1 Fonctions électriques

La plateforme de base porte également l'ensemble de batteries vouées à alimenter les expériences. Les caractéristiques de cet ensemble nominal (des variations sont possibles) de batteries se trouve en Table 4.

Type de batteries	AA Lithium/Disulfide de fer (Li/FeS_2)
Nombre	4
Tension nominale	4x1,5V
Température opérationnelle	-40°C à +60°C
Masse	4x14,5g
Courant maximal	2,0A (en continu)
Courant inversé maximal	2µA
Résistance interne	100-250mΩ
Capacité	4x3000mAh

Table 4: Propriétés de l'ensemble nominal de batteries pour expériences

Toute expérience prenant son courant sur les batteries communes devra être dûment caractérisée quand à sa consommation. En effet, les organisateurs protègeront chaque connection avec un fusible rapide et une diode (pour éviter les courants inversés), de façon à pouvoir alimenter chaque expérience, même si l'une d'entres elles venait à faillir et à causer un court-circuit.

Remarque 1: Il est permis d'équiper son expérience avec une batterie interne. Dans ce cas, la batterie sera en mesure d'alimenter l'expérience pendant au moins 3 heures en continu!
Remarque 2: Tout fil électrique devra être isolé (sécurité).

6. CONCEPTION D'UNE EXPERIENCE ET CONTROLES REQUIS

6.1 INTRODUCTION

Ce Chapitre traite les contraintes et les directives à prendre à cœur lors de la rédaction d'un projet afin d'assurer son éligibilité.

Les paramètres physiques (pression, température, humidité, ...) dans la gondole sont mesurées mais pas contrôlés pendant le vol. Chaque expérience interne (ou partie interne d'une expérience 'externe') sera soumise aux mêmes circonstances.

Chaque proposition de projet (quelle qu'en soit la discipline scientifique et/ou technique) est éligible si elle satisfait aux contraintes et directives mentionnées dans ce manuel.

Aspects de sécurité:

• Une expérience doit toujours être conçue de façon à ce qu'une défaillance ne puisse en aucun cas nuire aux autres expériences à bord, même dans le pire des cas. Chaque client est responsable des dégâts que son expérience cause aux équipements des autres clients ou des organisateurs.
• Les organisateurs ne pourront être tenus responsables pour perte ou dommages à la gondole ou son contenu (intérieur ou extérieur)
• Si une expérience demande que la structure de l'adaptateur charge utile soit modifié, ceci doit être précisé dans les documents mentionné en page 4. Les organisateurs décident seuls de l'éventuel changement.
• Les expériences seront débranchées avant l'arrivée au site de lancement (POWER = OFF). Le courant ne sera enclenché qu'au PPB et à la demande des organisateurs
• Si une expérience contient des parties qui doivent être enlevées avant le vol, ces parties sont bien accessibles et peintes en rouge.

6.2 CONTROLE DE LA QUALITE

Afin de garantir le bon déroulement de la campagne de vol et le bon fonctionnement des expériences il est vital que clients et organisateurs communiquent bien et clairement. Certains sujets doivent impérativement être traités et sont pour cette raison sur la liste des documents à soumettre (voir p4):

• Proposition de projet (formulaire en Annexe 5);
• Plan définitif (à soumettre après la phase de développement et les tests);
• Aperçu des test effectués et de leurs résultats;
• Description du déroulement de l'expérience pendant le vol;

Dans certaines conditions, des informations supplémentaires peuvent être demandées par les organisateurs: des MSDS (Materials Safety Data Sheets) pour les produits dangereux ou dont l'innocuité est en doute, ..

Tout document demandé par les organisateurs devra être soumis et approuvé avant que l'expérience le puisse être montée dans l'adaptateur charge utile.

6.3 CONTROLE DES INTERFACES

6.3.1 Avant la campagne de lancement

La campagne de lancement sur le site de l'IRM est brève, deux heures à peine. L'intégration de la charge utile et les test qui en découlent auront lieu les jours précédents.

Ces tests comprennent entres autres:

Compatibilité mécanique: Toutes les expériences sont placées dans l'adaptateur charge utile afin de vérifier que l'ensemble puisse être intégré. Cela comprend entres autres que les dimensions sont vérifiées ainsi que l'emplacement des points de fixation. La visibilité des LEDS, l'accessibilité d'éventuelles composantes à retirer avant le vol sera également établie.

Aspects électriques: Sont vérifiés: la connectibilité des câbles, la consommation de courant, etc.

6.4 ECHANGE DE DONNEES

Après le vol, les organisateurs mettront à la disposition des clients toutes les données recueillies sur les paramètres du vol: pression, température, position de la gondole, etc. Réciproquement, les clients sont priés de mettre leurs données à la disposition des organisateurs. Il va de soi que si ces données sont publiées (c. à. d. rendues publiques de quelle façon que se soit), crédit est donné là ou il est dû. Si la participation au projet Asgard devait résulter en la publication d'un 'paper', M. Roeland van Malderen (KMI-IRM) et M. Erik de Schrijver (Sint-Pieterscollege Jette) seront ajoutés comme co-auteurs.

6.5 PROGRAMME DE QUALIFICATION

Une expérience ne sera livrée aux organisateurs qu'après être proprement testée.

6.5.1 Philosophie de la conception

Il est à recommander de développer une version de l'expérience dédiée uniquement aux tests et de l'utiliser pour faire les adaptations nécessaires avant de passer à la construction du modèle de vol.

Avant de livrer ce modèle de vol, une dernière série de tests reste à effectuer, afin d'assurer une bonne maitrise du système. Cela facilite grandement les choses si des problèmes de dernière minute devaient surgir pendant la campagne de lancement.

6.5.2 Philosophie des tests et mesures

Les tests suivants forment en ensemble minimal:
• Propriétés physiques (dimensions, masse, CG);
• Interface mécanique (y compris l'emplacement des points de fixation);
• Propriétés électriques (emplacement du connecteur & du LED, consommation de courant);
• Test sous vide: il est nécessaire de laisser l'expérience fonctionner sous vide partiel (max. 100hPa) pendant au moins une heure.
• Therm/Vac.: test à température cyclée sous vide (uniquement pour les équipements délicats et/ou sensibles au changements de température);

6.6 LE CALENDRIER

Soumission des projets	**11 novembre 2014**
Evaluation des projets soumis + sélection	**13 novembre 2014**
Phase de développement + tests	**31 janvier 2015**
Concept définitif soumis	**15 février 2015**
Phase de construction	**1 mars 2015**
Tests de l'équipement de vol	**7 avril 2015**
Plan de construction définitif soumis	**12 avril 2015**
Calendrier des test + rapport soumis	**12 avril 2015**
Livraison de l'équipement de vol	**13 avril 2015**
Campagne de lancement	**21-24 avril 2015**
Vol d' Asgard-5	**23 avril 2015**

Table 5: Le calendrier

6.7 LIVRAISON DES EXPERIENCES ET ACCEPTATION

La procédure d'acceptation d'une expérience se déroule comme suit:

• L'équipement de vol est livré;
• Les organisateurs vérifient la conformité de l'équipement à la documentation soumise;
• Les organisateurs vérifient l'emplacement des connecteurs, du LED, de l'interrupteur et des trous de fixation;
• Inspection générale de l'expérience;
• Si tout est en ordre: acceptation formelle de l'expérience;

7. LA CAMPAGNE DE LANCEMENT

Arrivée des équipes à Bruxelles + check-in à l'hôtel	**Mardi 21/4/2015**
Présentations et souper	**Mardi 21/4/2015**
Présentations-PPT des différents projets par les équipes au Planétarium	**Mercredi matin 22/4/2015**
Intégration de la charge utile + tests au Planétarium	**Mercredi après-midi 22/4/2015**
Lancement	**Jeudi matin 23/4/2015**
Récupération gondole/Visite de l'Observatoire Royal	**Jeudi après-midi 23/4/2015**
Présentations-PPT: 'premiers résultats'	**Vendredi matin 24/4/2015**
Visite du Sint Pieterscollege de Jette + souper	**Vendredi après-midi 24/4/2015**

Table 6. Déroulement de la campagne de lancement

Départ de l'hôtel pur le campus de l'IRM	**8h**
Arrivée à l'IRM, bienvenue	**9h**
Préparation gondole	**10h**
Lancement	**11h**
Explosion du ballon	**~12h30**
Atterrissage de la gondole	**~13h20**
Récupération de la gondole	**???**
Planétarium (AC): démontage des expériences	**???**
Lecture et traitement des données par les équipes	**Soir**

Table 7. Déroulement du jour de lancement (le 23/4/2015)

8. LE SITE DE LANCEMENT

Le personnel de l'IRM exécute le lancement et à pleine autorité sur tout ce se passe sur le site de lancement. L'ordinateur de bord est branché et les expériences mises sous tension par l'équipe du SPJ. Les clients ont une dernière occasion de vérifier le bon fonctionnement de leur expérience. Ensuite la gondole est scellée et transférée à l'équipe de l'IRM qui se charge de la connecter au 'train de vol' et de la lancer.

8.1 UCCLE

8.1.1 Introduction

Le bon fonctionnement de chaque expérience dans la gondole et vérifié la veille du lancement. Les interventions sur le site de lancement sont limités aux seuls cas d'urgence.

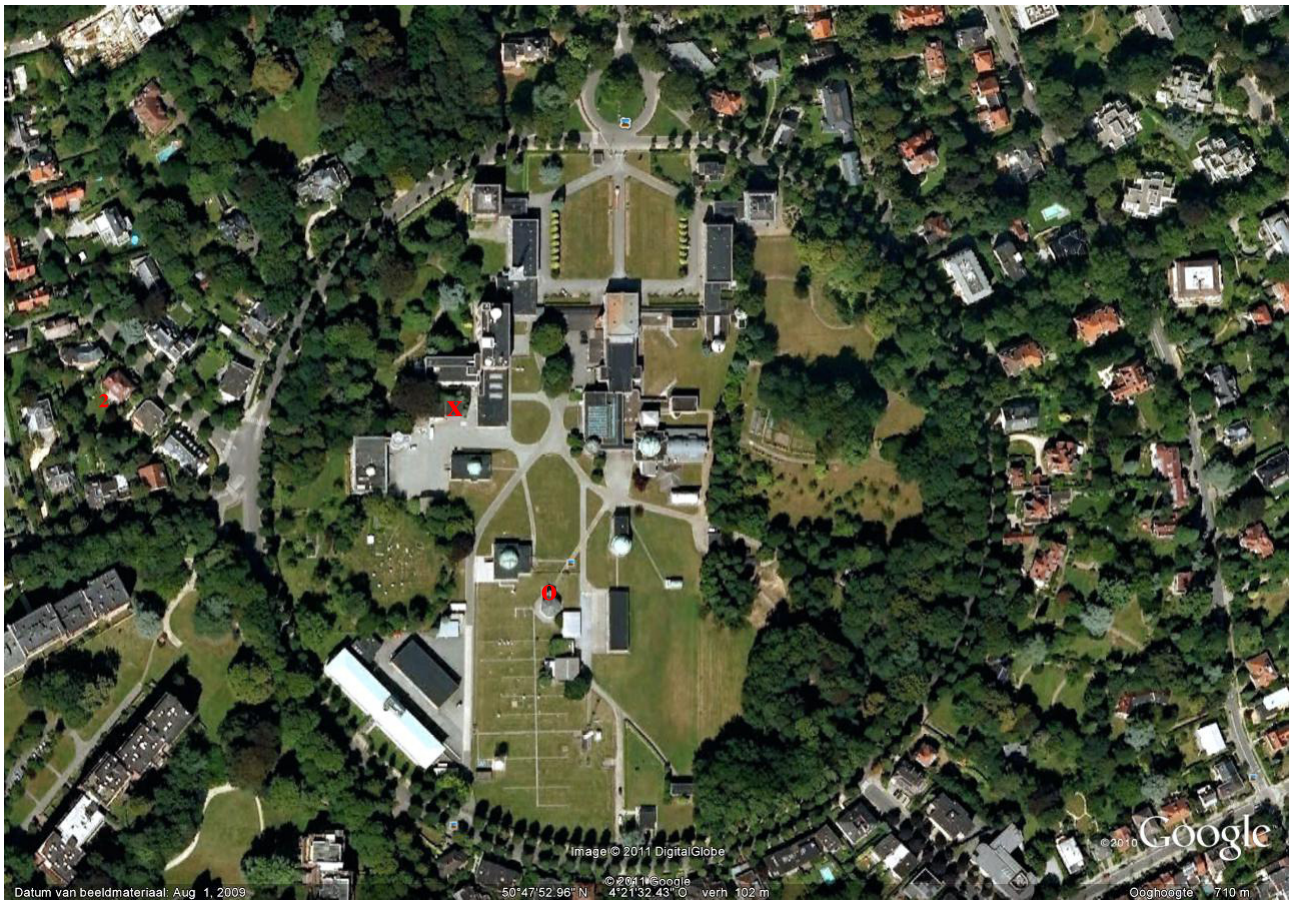


Image © 2011 DigitalGlobe
© 2011 Google
Datum van beeldmateriaal: Aug 1, 2009
50°47'52.96" N 4°21'32.43" O verh 102 m
Ooghoogte 710 m
Google

Ill. 15: Le campus de l'IRM avec le site de lancement (x) et le 'PPB-Payload Preparation Building' (o)

8.1.2 Préparation de la charge utile

Les expériences sont délivrées aux organisateurs 'prêt-à-voler', avec une connexion 2 pins (voir page 22) pour le courant, et un interrupteur, avec lequel l'expérience peut être branchée sur le site de lancement, peu avant que la gondola soit scellée. Il est recommandé de prévoir un LED pour permettre de constater visuellement l'enclenchement de l'expérience.

Ces dernièrs préparatifs ce font au site de lancement dans une pièce du PPB pourvue de tables et de prises de courant.

Ill. 16: PPB- Payload Preparation Building

8.1.3 Localisation géographique du site de lancement.

Le site de lancement est le campus de l'IRM à Uccle (Bruxelles).

Le site de lancement

Nom	IRM, Uccle
Latitude	50° 47' 53"N
Longitude	*4*° 21' 27" E

Table 8: Localisation du site de lancement

l'Heure locale est normalement GMT(Greenwich Mean Time) +1h. Du dernier dimanche du mois de mars, jusqu'en octobre, c'est l'heure estivale en Europe Centrale (CEST), c.à.d. GMT +2h

Le temps

Les conditions au site sont:

• La température de l'air varie entre 5 et 30°C (mars/mai);

• L'humidité de l'air varie entre 20 et 100%.

Communication

Il n'y a pas de WIFI sur le site. (AC)

Courant électrique

Il y a du courant lors de l'intégration de la charge utile: 230V/400V - 50 Hz.

8.1.4 La campagne de lancement

Chaque client aura l'occasion de vérifier le bon fonctionnement de son expérience avant que la gondole ne soit scellée. Si un client ne peut être présent au lancement, les organisateurs se chargeront de cette vérification à condition d'être suffisamment renseignés au préalable pour ce faire.

8.1.5 Déroulement des opérations de vol

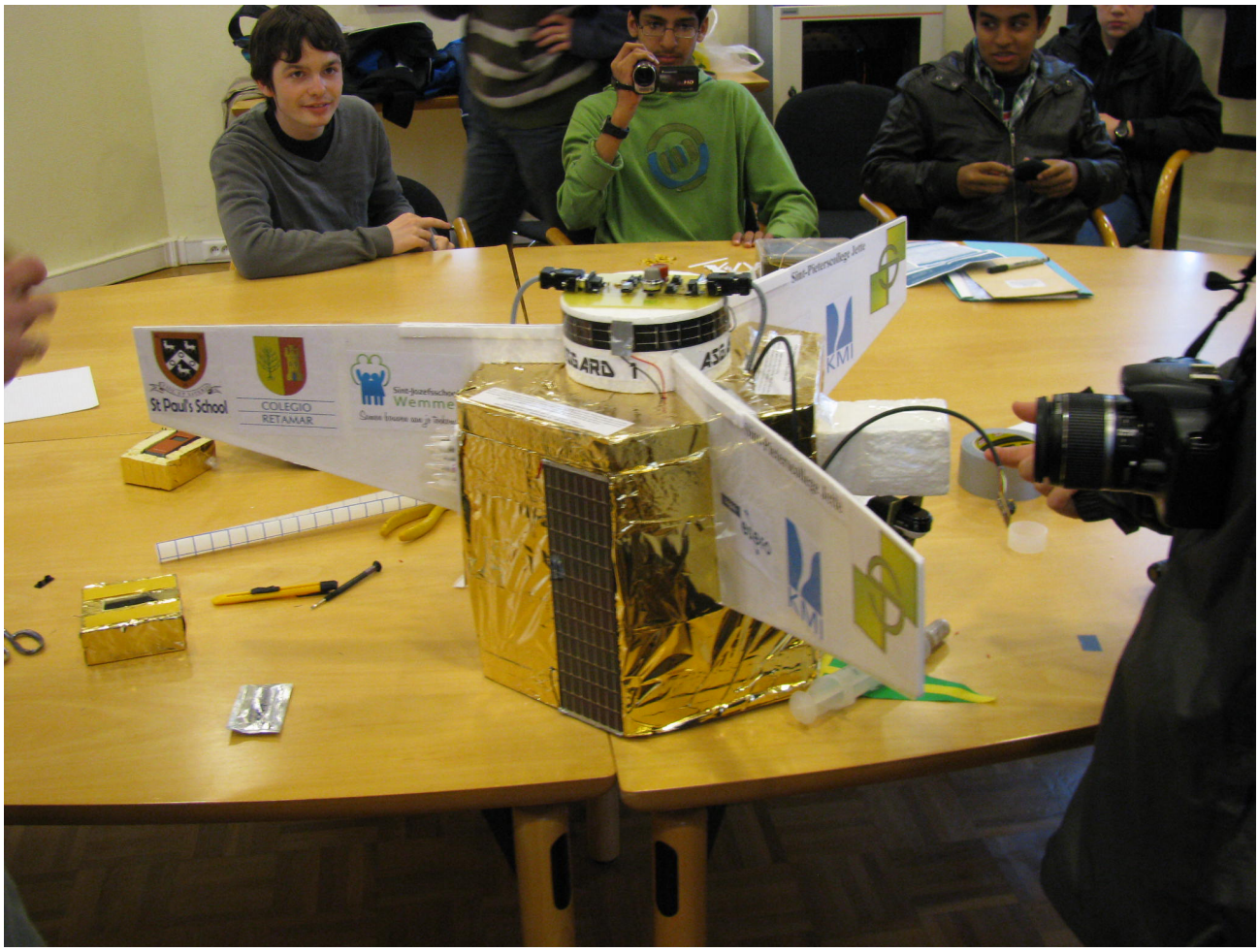
Tous présents lors du lancement suivront à la lettre les instructions de l'équipe de l'IRM.:
• Il est interdit de fumer sur le campus de l'IRM;
• La gondole est scellée avant d'être attachée au ballon. Une fois scellée, la gondola ne sera pas rouverte avant le lancement;
• Le ballon est rempli de gaz, manipulé et lancé par l'équipe de l'IRM;

Toute activité qui pourrait entrainer un risque quelconque sera porté à l'attention des organisateurs au moins deux semaines avant le lancement, afin que des mesures de sécurité appropriées puissent être prises.

Annexe 1

Il est possible de fixer des expériences sur les surfaces extérieures de la gondole, le dessus et le dessous y compris, si la question scientifique le requiert.

Les parties externes et internes d'une expérience peuvent être connectées par le biais d'un trou percé dans la paroi dans ce but. Les connecteurs '2 pin' (two-pin-headers) sont recommandés.

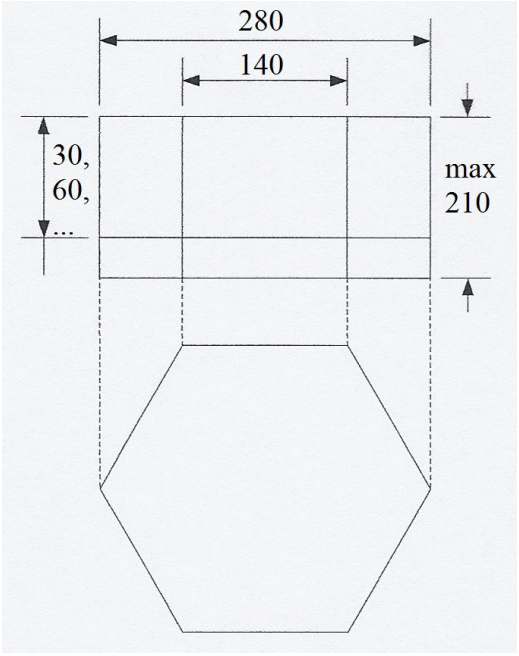


Ill. 17: La gondole d'Asgard-1

Annexe 2

Le segment inférieur de l'adaptateur gondole est réservé à l'ordinateur de bord et aux batteries.

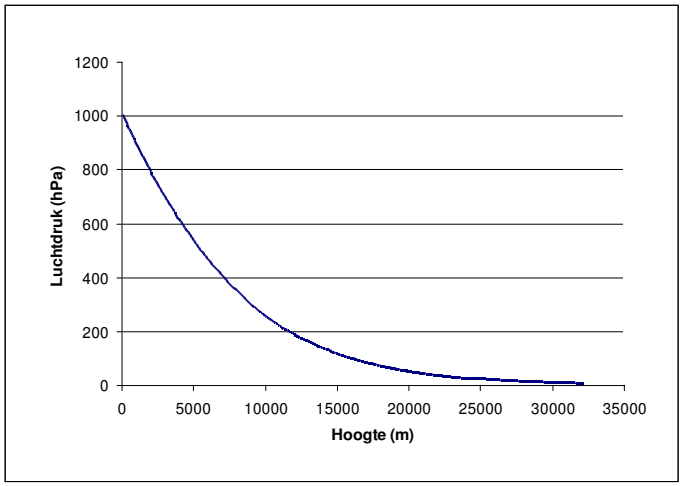
Les autres compartiments sont destinés aux expériences avec 210 mm pour hauteur maximale de l'adaptateur.



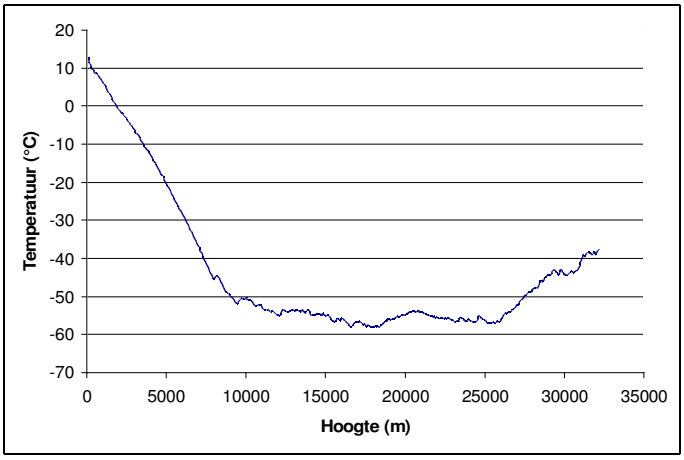
Ill. 18: L'adaptateur gondole

Annexe 3

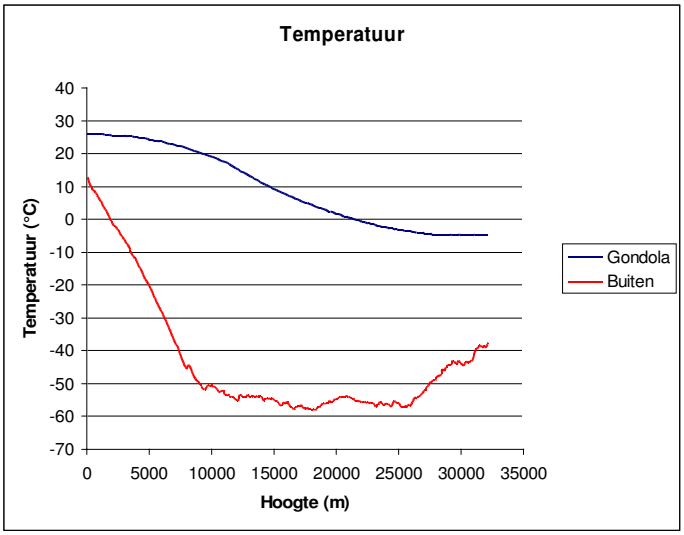
Dans cette annexe les données du vol inaugural Asgard-1 du 21 avril 2011: température, pression et autres données. Ce vol a décollé au campus de l'IRM à Uccle, et a atterri prés de Valenciennes en France. Une altitude maximale de 32200m fût atteinte.



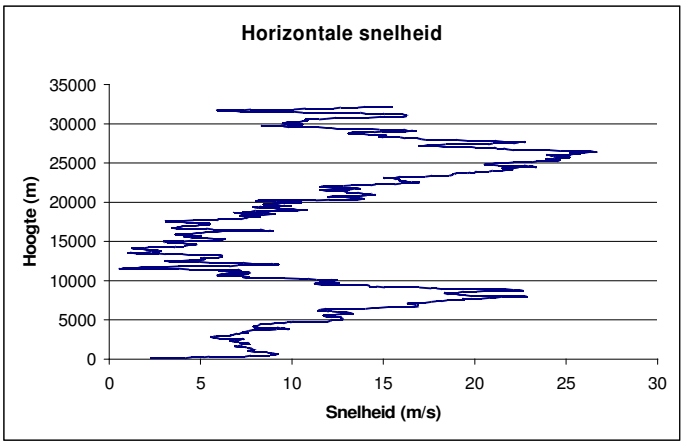
Ill. 19: Pression atmosphérique (intérieur de la gondole = extérieur) en fonction de l'altitude



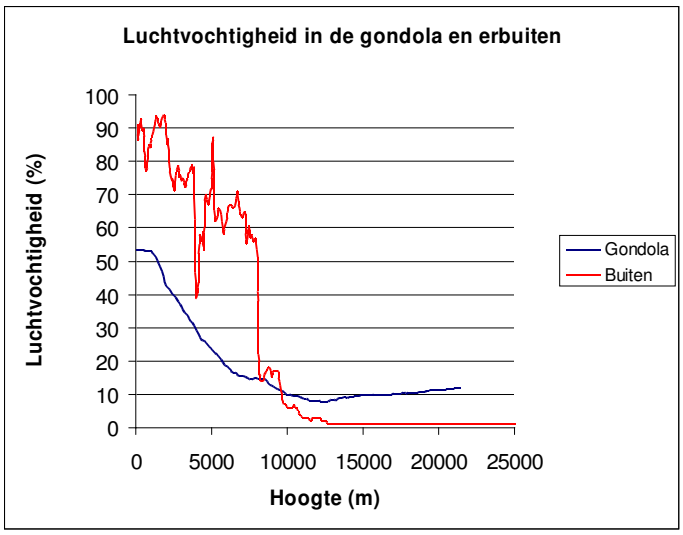
Ill. 20: Température à l'extérieur



Ill. 21: Comparaison intérieur/extérieur de la gondole



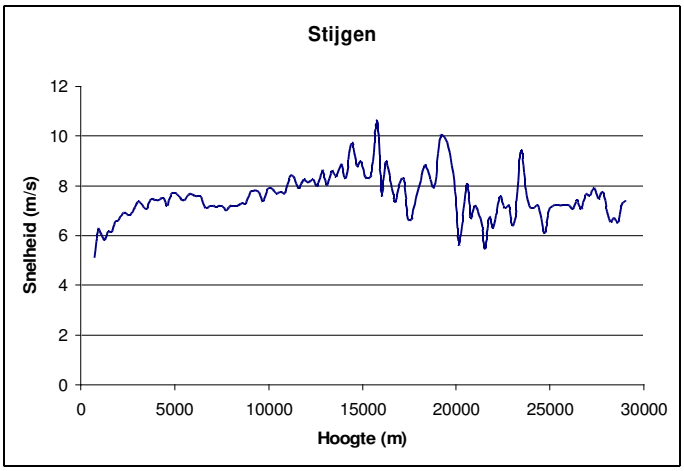
Ill. 22: Vitesse horizontale en fonction de l'altitude



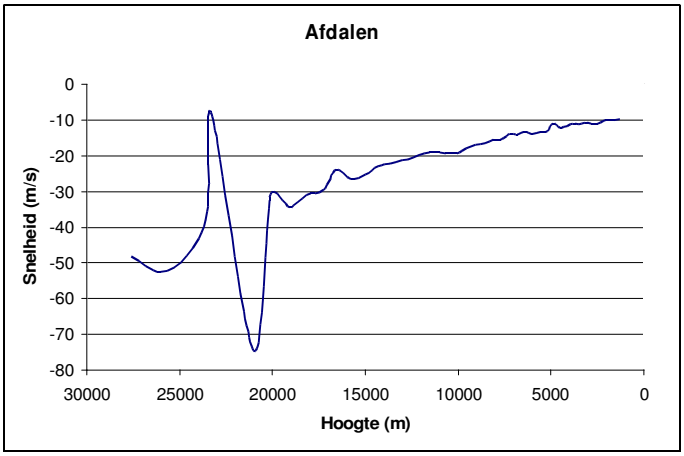
Ill. 23: Humidité de l'air dans la gondole et à l'extérieur

Annexe 4

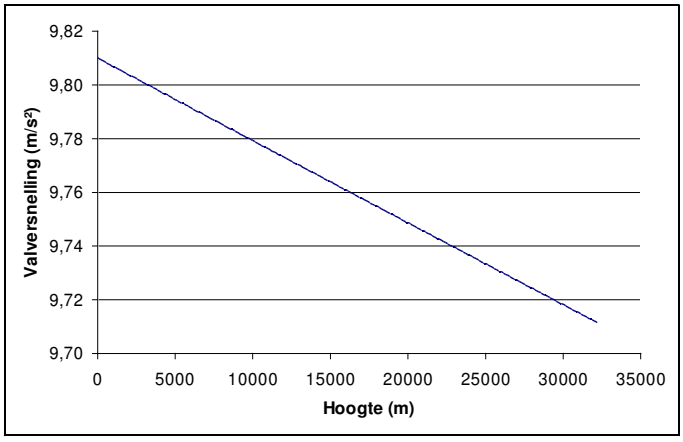
Dans cette annexe se trouvent des données de vols (comparables) d'autres ballons, ou des données théoriques.



Ill. 24: Vitesse ascensionnelle en fonction de l'altitude



Ill. 25 : Vitesse de descente en fonction de l'altitude



Ill. 26: Gravité terrestre en fonction de l'altitude (valeurs théoriques)